

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-070149

(43)Date of publication of application : 05.03.1992

(51)Int.Cl.

H04L 27/22

(21)Application number : 02-182084

(71)Applicant : YAMAHA CORP

(22)Date of filing : 10.07.1990

(72)Inventor : SOGO AKIRA

## (54) DECISION CIRCUIT FOR PI/4 SHIFT QPSK MODULATED SIGNAL

(57)Abstract:

PURPOSE: To improve a phase margin in decision by judging which area a first signal point exists in based on the result of specified arithmetic for a first vector corresponding to the first signal point and for a second vector corresponding to a second signal point.

CONSTITUTION: The inner product is calculated between the first vector corresponding to the first signal point to be decided at present and the second vector corresponding to the preceding decided second signal point. Next, the inner product is calculated between a third vector rotating the second vector at 90° and the first vector. Based on the result of arithmetic, it is judged in which area in a phase space the first signal point exists. Thus, the phase margin is improved in judging a received signal.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑫ 公開特許公報 (A)

平4-70149

⑮ Int. Cl. <sup>5</sup>  
H 04 L 27/22

識別記号 庁内整理番号  
E 7240-5K

⑬ 公開 平成4年(1992)3月5日

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全7頁)

⑭ 発明の名称  $\pi/4$ シフトQPSK変調信号の判定回路

⑯ 特 願 平2-182084

⑰ 出 願 平2(1990)7月10日

⑱ 発 明 者 十 河 章 静岡県浜松市中沢町10番1号 ヤマハ株式会社内  
⑲ 出 願 人 ヤマハ株式会社 静岡県浜松市中沢町10番1号  
⑳ 代 理 人 弁理士 志賀 正武 外2名

明 細 書

1. 発明の名称

$\pi/4$ シフトQPSK変調信号の判定回路

2. 特許請求の範囲

現在判定する第1の信号点に対応する第1のベクトルとひとつ前に判定した第2の信号点に対応する第2のベクトルの内積と、前記第2のベクトルを90°回転させた第3のベクトルと前記第1のベクトルの内積とを演算し、その演算結果に基づいて前記第1の信号点が位相空間のどの領域内に存在するかを判定することを特徴とする $\pi/4$ シフトQPSK変調信号の判定回路。

3. 発明の詳細な説明

「産業上の利用分野」

この発明は、 $\pi/4$ シフトQPSK変調方式によって変調された信号を復調する際に用いられる $\pi/4$ シフトQPSK変調信号の判定回路に関する。

「従来の技術」

第6図は従来の $\pi/4$ シフトQPSK変調信号の判定装置の構成例を示すブロック図であり、この図において、1は受信信号が入力される入力端子、2は受信信号をデジタル信号Sに変換するA/D変換器、3は $\cos\omega_c t$ の信号を発振する発振器、4は信号 $\cos\omega_c t$ の位相を $\pi/2$ シフトして $\sin\omega_c t$ の信号を出力する $\pi/2$ 位相シフト回路である。

また、5は信号Sと信号 $\cos\omega_c t$ とを乗算する乗算器、6は信号Sと信号 $\sin\omega_c t$ とを乗算する乗算器、7および8はそれぞれ乗算器5および6の出力信号の帯域を制限するローパスフィルタ(以下、LPFという)、9はLPF7および8の出力信号に基づいて受信信号が第7図に示す8分割された位相空間のどの領域内に存在するかを判定する判定回路、10は判定回路9の判定結果が出力される出力端子である。

尚、判定回路9の判定は、以下に示すようにして行う。まず、第8図に以下に示す4つの式の波形を示す。第8図において、曲線aは、(1)式の

波形、曲線 b は、(2)式の波形、曲線 c は、(3)式の波形、曲線 d は、(4)式の波形をそれぞれ示している。

$$f_1 = \cos \omega \dots \dots \dots (1)$$

$$f_2 = \sin \omega \dots \dots \dots (2)$$

$$f_3 = f_1 + f_2 = \cos \omega + \sin \omega \dots \dots (3)$$

$$f_4 = f_1 - f_2 = \cos \omega - \sin \omega \dots \dots (4)$$

そして、位相が 0 から  $2\pi$  に変化する場合の各式(1)~(4)のそれぞれの符号  $\text{sign}(f_1)$ 、 $\text{sign}(f_2)$ 、 $\text{sign}(f_1 + f_2)$  および  $\text{sign}(f_1 - f_2)$  は、それぞれ第 9 図に示すようになる。

従って、判定回路 9 は、L P F 7 および 8 の出力信号並びにそれらの信号の演算のそれぞれの符号の組み合わせが第 9 図に示すいずれかになった場合に、受信信号が第 7 図の 8 つの領域①~⑧のいずれかに存在すると判定する。

このような構成において、判定回路 9 が受信信号の判定を行う動作について第 10 図のフローチャートに基づいて説明する。まず、受信信号が第 6 図の入力端子 1 から入力され、A/D 変換器 2 に

7 図の領域①に存在すると判定し、位相  $P_n = 0^\circ$  とした後、ステップ S A 7 へ進む。

ステップ S A 7 では、現在の受信信号の位相  $P_n$  と 1 つ前の受信信号の位相  $P_{n-1}$  との位相差  $\Delta = P_n - P_{n-1}$  を求めて判定結果として第 6 図の出力端子 10 から出力した後、一連の作業を終了する。

一方、ステップ S A 5 の判断結果が「NO」の場合、即ち、変数 x と変数 y との減算 ( $x - y$ ) が 0 より小さい場合には、ステップ S A 8 へ進む。

ステップ S A 8 では、第 9 図より受信信号が第 7 図の領域②に存在すると判定し、位相  $P_n = 45^\circ$  とした後、ステップ S A 7 へ進む。

一方、ステップ S A 4 の判断結果が「NO」の場合、即ち、変数 y が 0 より小さい場合には、ステップ S A 9 へ進む。

ステップ S A 9 では、変数 x と変数 y との加算 ( $x + y$ ) が 0 以上であるか否かを判断する。この判断結果が「YES」の場合には、ステップ S A 10 へ進む。

ステップ S A 10 では、第 9 図より受信信号が

において、デジタル信号 S に変換された後、乗算器 5 において、信号  $\cos \omega \cdot t$  と乗算されて信号  $S \times \cos \omega \cdot t$  として出力されると共に、乗算器 6 において、信号  $\sin \omega \cdot t$  と乗算されて信号  $S \times \sin \omega \cdot t$  として出力されると、判定回路 9 は、ステップ S A 1 の処理へ進み、変数 x に信号  $S \times \cos \omega \cdot t$  を代入した後、ステップ S A 2 へ進む。

ステップ S A 2 では、変数 y に信号  $S \times \sin \omega \cdot t$  を代入した後、ステップ S A 3 へ進む。

ステップ S A 3 では、変数 x が 0 以上であるか否かを判断する。この判断結果が「YES」の場合には、ステップ S A 4 へ進む。

ステップ S A 4 では、変数 y が 0 以上であるか否かを判断する。この判断結果が「YES」の場合には、ステップ S A 5 へ進む。

ステップ S A 5 では、変数 x と変数 y との減算 ( $x - y$ ) が 0 以上であるか否かを判断する。この判断結果が「YES」の場合には、ステップ S A 6 へ進む。

ステップ S A 6 では、第 9 図より受信信号が第 7 図の領域③に存在すると判定し、位相  $P_n = 315^\circ$  とした後、ステップ S A 7 へ進む。

一方、ステップ S A 9 の判断結果が「NO」の場合、即ち、変数 x と変数 y との加算 ( $x + y$ ) が 0 より小さい場合には、ステップ S A 11 へ進む。

ステップ S A 11 では、第 9 図より受信信号が第 7 図の領域④に存在すると判定し、位相  $P_n = 270^\circ$  とした後、ステップ S A 7 へ進む。

一方、ステップ S A 3 の判断結果が「NO」の場合、即ち、変数 x が 0 より小さい場合には、ステップ S A 12 へ進む。

ステップ S A 12 では、変数 y が 0 以上であるか否かを判断する。この判断結果が「YES」の場合には、ステップ S A 13 へ進む。

ステップ S A 13 では、変数 x と変数 y との加算 ( $x + y$ ) が 0 以上であるか否かを判断する。この判断結果が「YES」の場合には、ステップ S A 14 へ進む。

ステップ S A 14 では、第 9 図より受信信号が第 7 図の領域⑤に存在すると判定し、位相  $P_n =$

90°とした後、ステップSA7へ進む。

一方、ステップSA13の判断結果が「NO」の場合、即ち、変数xと変数yとの加算(x+y)が0より小さい場合には、ステップSA15へ進む。

ステップSA15では、第9図より受信信号が第7図の領域④に存在すると判定し、位相 $P_n = 135^\circ$ とした後、ステップSA7へ進む。

一方、ステップSA12の判断結果が「NO」の場合、即ち、変数yが0より小さい場合には、ステップSA16へ進む。

ステップSA16では、変数xと変数yとの減算(x-y)が0以上であるか否かを判断する。この判断結果が「YES」の場合には、ステップSA17へ進む。

ステップSA17では、第9図より受信信号が第7図の領域⑤に存在すると判定し、位相 $P_n = 225^\circ$ とした後、ステップSA7へ進む。

一方、ステップSA16の判断結果が「NO」の場合、即ち、変数xと変数yとの減算(x-y)が0より小さい場合には、ステップSA18へ進む。

信号点に対応する第2のベクトルの内積と、前記第2のベクトルを90°回転させた第3のベクトルと前記第1のベクトルの内積とを演算し、その演算結果に基づいて前記第1の信号点の領域内のどの領域内に存在するかを判定することを特徴としている。

#### 「作用」

この発明によれば、判定回路は、まず、第1の信号点に対応する第1のベクトルと第2の信号点に対応する第2のベクトルの内積を演算する。

次に、第2のベクトルを90°回転させた第3のベクトルと第1のベクトルの内積とを演算する。

そして、その演算結果に基づいて第1の信号点の領域内のどの領域内に存在するかを判定する。

#### 「実施例」

この発明の一実施例について説明する前に、上述した課題を解決するための基本的な考え方について説明する。

まず、第3図に $\pi/4$ シフトQPSKの信号空間配置図を示す。第3図に示す信号点をA(0°、

ステップSA18では、第9図より受信信号が第7図の領域⑥に存在すると判定し、位相 $P_n = 180^\circ$ とした後、ステップSA7へ進む。

#### 「発明が解決しようとする課題」

ところで、上述した従来の $\pi/4$ シフトQPSK変調信号の判定装置においては、判定における位相マージンが45°しかないという欠点があった。

また、判定回路9は、DSP(Digital Signal Processor)を使ってソフト的に処理する場合、DSPのソフト処理が複雑であるという問題があった。

この発明は上述した事情に鑑みてなされたもので、判定における位相マージンを向上させることができると共に、少ない命令ステップ数で実現できる $\pi/4$ シフトQPSK変調信号の判定回路を提供することを目的としている。

#### 「課題を解決するための手段」

この発明は、現在判定する第1の信号点に対応する第1のベクトルとひとつ前に判定した第2の

90°、180°、270°)とB(45°、135°、225°、315°)の2つのグループに分けると、第3図からわかるように、ある信号点から次の信号点への遷移は、矢印で示す方向に行われるため、各信号点は、AグループのものとBグループのものが交互に現れるという規則が存在する。今、現在判定しなくてはならない信号点を信号点 $D_n$ 、1つ前の信号点を信号点 $D_{n-1}$ とし、例えば、信号点 $D_{n-1}$ が45°のところにある、即ち、Bグループであったとすると、信号点 $D_n$ は、0°、90°、180°、270°のAグループのいずれかの信号点となるはずである。

そこで、信号点 $D_{n-1}$ と信号点 $D_n$ とを原点Oを始点としたベクトルの終点と考え、次式で示すベクトル $\vec{D}_{n-1}$ と $\vec{D}_n$ の内積IPを計算する。

$$IP = \vec{D}_{n-1} \cdot \vec{D}_n = |\vec{D}_{n-1}| \cdot |\vec{D}_n| \cos \theta \quad \text{①}$$

但し、 $\theta$ はベクトル $\vec{D}_{n-1}$ とベクトル $\vec{D}_n$ とのなす角度である。また、①式は、ベクトル $\vec{D}_{n-1}$ の成分を(a, b)、ベクトル $\vec{D}_n$ の成分を(c, d)とすると、次式で表される。

$$I P = a \cdot c + b \cdot d \dots \textcircled{2}$$

そして、内積  $I P$  の符号が+であるかあるいは-であるかを判定すると、第4図の直線  $l$  で示すような判定線を引くことができる。

次に、ベクトル  $\overrightarrow{D_{n-1}}$  を  $90^\circ$  回転させたベクトル  $\overrightarrow{D_{n-1}'}$  を求め、次式で示すベクトル  $\overrightarrow{D_{n-1}'}$  とベクトル  $\overrightarrow{D_n}$  との内積  $I P'$  を計算する。

$$I P' = \overrightarrow{D_{n-1}'} \cdot \overrightarrow{D_n} = |\overrightarrow{D_{n-1}'}| \cdot |\overrightarrow{D_n}| \cos \phi \dots \textcircled{3}$$

但し、 $\phi$  はベクトル  $\overrightarrow{D_{n-1}'}$  とベクトル  $\overrightarrow{D_n}$  とのなす角度である。また、ベクトル  $\overrightarrow{D_{n-1}'}$  がベクトル  $\overrightarrow{D_{n-1}}$  を  $90^\circ$  回転させたものであるから、その成分は  $(-b, a)$  となり、 $\textcircled{3}$  式は、次式で表される。

$$I P' = -b \cdot c + a \cdot d \dots \textcircled{4}$$

そして、同様に、内積  $I P'$  の符号が+であるかあるいは-であるかを判定すると、第4図の直線  $m$  で示すような判定線を引くことができる。

以上説明した判定線  $l$  および  $m$  を用いることにより、信号点  $D_n$  が  $0^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $270^\circ$  のAグループのどの領域に存在するかの判定を

数  $y(n)$  に代入した後、ステップSB3へ進む。

ステップSB3では、上述した $\textcircled{2}$ 式により、現在判定しなくてはならない信号点  $D_n$  に対応するベクトル  $\overrightarrow{D_n}$  と1つ前の信号点  $D_{n-1}$  に対応するベクトル  $\overrightarrow{D_{n-1}}$  との内積  $I P = x(n) \cdot x(n-1) + y(n) \cdot y(n-1)$  を求めてそれを変数  $z$  に代入した後、ステップSB4へ進む。

ステップSB4では、ベクトル  $\overrightarrow{D_{n-1}}$  を  $90^\circ$  回転させたベクトル  $\overrightarrow{D_{n-1}'}$  を求め、上述した $\textcircled{4}$ 式により、ベクトル  $\overrightarrow{D_{n-1}'}$  とベクトル  $\overrightarrow{D_n}$  との内積  $I P' = -x(n) \cdot y(n-1) + y(n) \cdot x(n-1)$  を求めてそれを変数  $w$  に代入した後、ステップSB5へ進む。

ステップSB5では、変数  $z$  が0以上であるか否かを判断する。この判断結果が「YES」の場合には、ステップSB6へ進む。

ステップSB6では、変数  $w$  が0以上であるか否かを判断する。この判断結果が「YES」の場合には、ステップSB7へ進む。

ステップSB7では、変数  $z$  の符号と変数  $w$  の

行うことができる。

以下、次の信号点  $D_{n-1}$  に対応するベクトル  $\overrightarrow{D_{n-1}}$  と、今判定された信号点  $D_n$  に対応するベクトル  $\overrightarrow{D_n}$  との間で同様の計算をすることにより、第5図に示す判定領域が得られる。

以下、図面を参照してこの発明による  $\pi/4$  シフトQPSK変調信号の判定回路の一実施例について説明する。ここで、現在判定しなくてはならない信号点  $D_n$  に対応するベクトル  $\overrightarrow{D_n}$  の成分を  $(x(n), y(n))$  とし、1つ前の信号点  $D_{n-1}$  に対応するベクトル  $\overrightarrow{D_{n-1}}$  の成分を  $(x(n-1), y(n-1))$  とする。

まず、受信信号がA/D変換器においてデジタル信号  $S(n)$  に変換されると、判定回路は、ステップSB1の処理へ進み、信号  $S(n)$  とキャリア  $\cos \omega_c t$  とを乗算し、その信号  $S(n) \times \cos \omega_c t$  を変数  $x(n)$  に代入した後、ステップSB2へ進む。

ステップSB2では、信号  $S(n)$  とキャリア  $\sin \omega_c t$  とを乗算し、その信号  $S(n) \times \sin \omega_c t$  を変

数  $y(n)$  に代入した後、ステップSB3へ進む。符号との組み合わせが  $(+, +)$  となることにより、受信信号が第2図の領域  $(+, +)$  に存在すると判定し、現在の受信信号の位相と1つ前の受信信号の位相との位相差  $\Delta = 0^\circ$  とした判定結果を出力した後、一連の作業を終了する。

一方、ステップSB6の判断結果が「NO」の場合、即ち、変数  $w$  が0より小さい場合には、ステップSB8へ進む。

ステップSB8では、変数  $z$  の符号と変数  $w$  の符号との組み合わせが  $(+, -)$  となることにより、受信信号が第2図の領域  $(+, -)$  に存在すると判定し、現在の受信信号の位相と1つ前の受信信号の位相との位相差  $\Delta = 270^\circ$  とした判定結果を出力した後、一連の作業を終了する。

一方、ステップSB5の判断結果が「NO」の場合、即ち、変数  $z$  が0より小さい場合には、ステップSB9へ進む。

ステップSB9では、変数  $w$  が0以上であるか否かを判断する。この判断結果が「YES」の場合には、ステップSB10へ進む。

ステップSB10では、変数zの符号と変数wの符号との組み合わせが(-,+ )となることにより、受信信号が第2図の領域(-,+ )に存在すると判定し、現在の受信信号の位相と1つ前の受信信号の位相との位相差 $\Delta = 90^\circ$ とした判定結果を出力した後、一連の作業を終了する。

一方、ステップSB9の判断結果が「NO」の場合、即ち、変数wが0より小さい場合には、ステップSB11へ進む。

ステップSB11では、変数zの符号と変数wの符号との組み合わせが(-,- )となることにより、受信信号が第2図の領域(-,- )に存在すると判定し、現在の受信信号の位相と1つ前の受信信号の位相との位相差 $\Delta = 180^\circ$ とした判定結果を出力した後、一連の作業を終了する。

以上説明したように、 $\pi/4$ シフトQPSK変調信号の性質を用いることにより、受信信号の判定における位相マージンを $90^\circ$ にすることができ、また、DSPのソフト処理も従来に比べ簡単になり、命令ステップ数も減少する。

を示す図、第8図は4つの信号の波形を重ね合わせた一例を示す図、第9図は第8図に示す4つの信号波形の各位相における符号を示す図、第10図は第6図の判定回路9が受信信号の判定を行う動作を表すフローチャートである。

出願人 ヤマハ株式会社

「発明の効果」

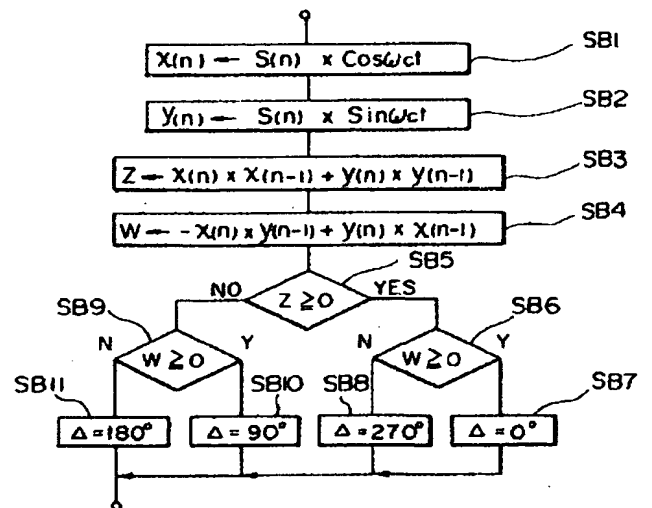
以上説明したように、この発明によれば、受信信号の判定における位相マージンを向上させることができるという効果がある。

また、演算はすべてDSPによって行うことができるため、LSI化に適しているという効果がある。

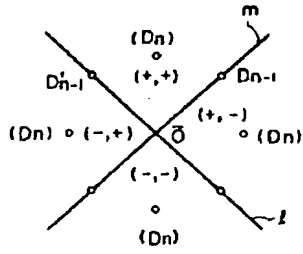
さらに、DSPのソフト処理も格段に簡略化できるという効果もある。

4. 図面の簡単な説明

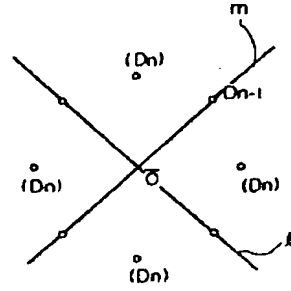
第1図はこの発明の一実施例による $\pi/4$ シフトQPSK変調信号の判定回路が受信信号の判定を行う動作を表すフローチャート、第2図は信号点 $D_n$ の信号点 $D_{n-1}$ による判定領域を示す図、第3図は $\pi/4$ シフトQPSKの信号空間配置図、第4図は信号点 $D_n$ の信号点 $D_{n-1}$ による判定領域を示す図、第5図は信号点 $D_{n-1}$ の信号点 $D_n$ による判定領域を示す図、第6図は従来の $\pi/4$ シフトQPSK変調信号の判定装置の構成例を示すブロック図、第7図は8分割された位相空間の一例



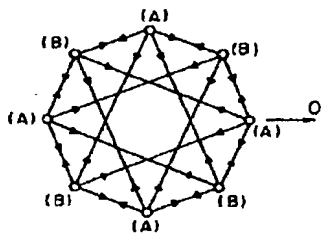
第1図



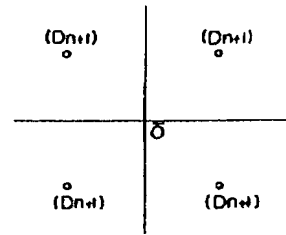
第 2 図



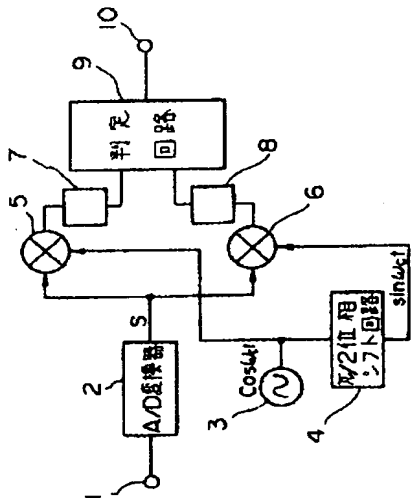
第 4 図



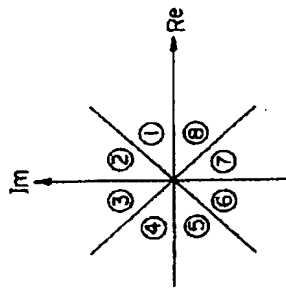
第 3 図



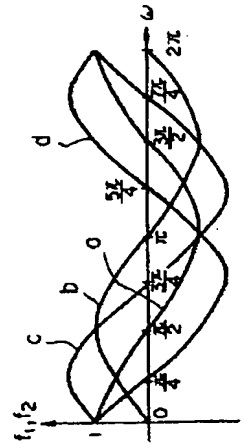
第 5 図



第 6 図



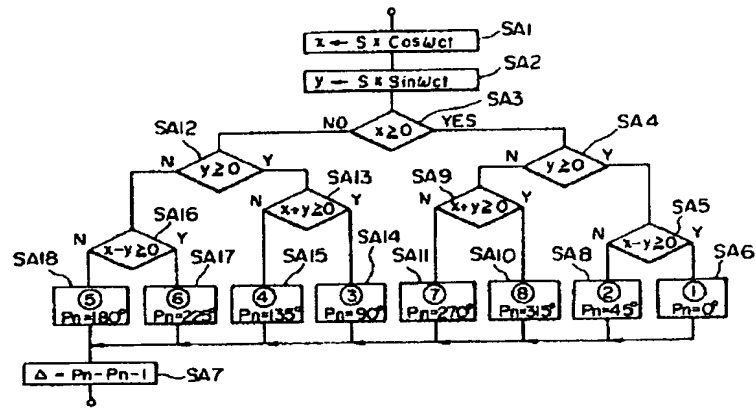
第 7 図



第 8 図

位相	0	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{3\pi}{4}$	$\pi$	$\frac{5\pi}{4}$	$\frac{3\pi}{2}$	$\frac{7\pi}{4}$	$2\pi$
sign(f <sub>1</sub> )	+	+	-	-	+	+	-	-	+
sign(f <sub>2</sub> )	+	+	+	+	-	-	-	-	-
sign(f <sub>1</sub> -f <sub>2</sub> )	+	+	+	-	-	-	+	+	+
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	

第9図



第10図